

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-258383

(43)Date of publication of application : 16.09.1994

(51)Int.Cl.

G01R 31/26

(21)Application number : 05-071168

(71)Applicant : YOKOGAWA HEWLETT PACKARD LTD

(22)Date of filing : 05.03.1993

(72)Inventor : NADA HITOSHI

(54) LATENCY TIME SETTING METHOD FOR SEMICONDUCTOR MEASURING APPARATUS

(57)Abstract:

PURPOSE: To optimize in response to internal and external conditions of an apparatus by setting a latency time by a function with an output-current range as a parameter.

CONSTITUTION: The method for setting a latency time of a semiconductor measuring apparatus comprises the steps of inputting a user designated coefficient adapted for characteristics of an object to be measured, holding it in a RAM, measuring a current to be supplied to the object to be measured by a current/ voltage measuring unit in response a set voltage, setting it as a present current range I_r , and holding it together with an output voltage V_0 of the unit in the RAM. On the other hand, a voltage through rate table is provided as a firmware to represent how much the unit can vary the output at the time of no load. When a new set voltage V_n is given by a user, a latency time is given by a formula I, where $SR(I_r)$ is a through rate in the range I_r , and τ_V is additional latency time intrinsic for the apparatus. A table of user latency time $T_U(I_r)$ in each current range is provided in the RAM, and an entire latency time is represented by a formula II added with the table.

$$T_s = T_U(I_r) + V_n \cdot 1/SR(I_r) + \tau_V \times k$$

$$T_s = T_U(I_r) + V_n \cdot 1/SR(I_r) + \tau_V \times k \cdot C(I_r)$$

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3213111

[Date of registration] 19.07.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-258383

(43) 公開日 平成6年(1994)9月16日

(51) Int.Cl.⁵

G 0 1 R 31/26

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 9214-2G

B 9214-2G

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平5-71168

(22) 出願日 平成5年(1993)3月5日

(71) 出願人 000121914

横河・ヒューレット・パッカード株式会社
東京都八王子市高倉町9番1号

(72) 発明者 藤 仁志

東京都八王子市高倉町9番1号 横河・ヒ
ューレット・パッカード株式会社内

(74) 代理人 弁理士 久保田 千賀志 (外1名)

(54) 【発明の名称】 半導体測定装置の待ち時間設定方法

(57) 【要約】

【目的】 半導体測定装置において、設定から測定までの待ち時間の設定の最適化を、装置の内部条件や外部条件に応じて行う。

【構成】 被測定対象の応答電流または電圧の測定を、電圧または電流の設定から所定の待ち時間経過した後に行う、出力電流レンジが可変である半導体測定装置の待ち時間設定方法に係り、前記待ち時間を、前記出力電流レンジをパラメータとする関数により決定する。具体的には、待ち時間 T_w は、

$$T_w = \{ |V_o - V_a| / SR(I_r) + \tau_v \} \times k + T_u(I_r)$$

により決定される（ただし、 V_o ：現在出力電圧、 I_r ：現在電流レンジ、 $SR(I_r)$ ： I_r に対応するスルーレート、 τ_v ：測定装置に固有の付加的待ち時間、 k ：ユーザにより特定された係数、 $T_u(I_r)$ ： I_r に応じてユーザにより指定されたユーザ待ち時間）。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定対象の応答電流または応答電圧の測定を、出力電圧または出力電流の設定時から所定の待ち時間経過した後に行う、出力電流レンジが可変である半導体測定装置の待ち時間設定方法であって、前記待ち時間を、前記出力電流レンジをパラメータとする関数により決定することを特徴とする半導体測定装置の待ち時間設定方法。

【請求項2】 前記出力電流レンジをパラメータとする関数が、
出力電流レンジに応じて変化する電圧スルーレートに反比例する待ち時間項を含んでなることを特徴とする請求*

$$T_w = \{ |V_o - V_n| / SR(I_r) + \tau_v \} \times k + T_u(I_r)$$

T_w : 待ち時間

V_o : 現在出力電圧

I_r : 現在電流レンジ

$SR(I_r)$: I_r に対応するスルーレート

τ_v : 測定装置に固有の付加的待ち時間

k : ユーザにより特定された係数

$T_u(I_r)$: I_r に応じてユーザにより指定されたユーザ待ち時間

により表されることを特徴とする請求項3に記載の半導体測定装置の待ち時間設定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、電圧または電流の設定から被測定対象の応答の測定に至るまでの時間（待ち時間）の設定の最適化を、装置の内部条件や外部条件に応じて行うことができる半導体測定装置の待ち時間設定方法に関する。

【0002】

【技術背景】 従来、FET、IC等の半導体デバイスの特性試験には、図8に示すような構成の試験装置が用いられている。図8において、測定装置はデジタル部1と、測定部2とに分かれており、デジタル部1は、メインプロセッシングユニット11、外部記憶ユニット12、フロントパネルユニット13およびグラフィックディスプレイユニット14から構成されている。

【0003】 メインプロセッシングユニット11は、マイクロプロセッサ111、SMU（電圧電流測定ユニット）コントローラインターフェイス112、ROM113、RAM114、およびタイマー115により構成され、各構成要素はバスを介して相互に接続されている。外部記憶ユニット12は、フレキシブルディスクコントローラ121およびディスクドライブ122により構成され、フロントパネルユニット13は、フロントパネルインターフェイス131とキーボードインジケータ132とにより構成されている。また、ディスプレイユニット14は、ベクタメモリ141とグラフィックディスプレイ142とにより構成されている。

* 項1に記載の半導体測定装置の待ち時間設定方法。

【請求項3】 前記出力電流レンジをパラメータとする関数が、

出力電流レンジに応じて変化する電圧スルーレートに反比例し、かつユーザにより指定された係数が乗ぜられた待ち時間項と、

電流レンジに応じてユーザにより与えられる待ち時間項と、を含んでなることを特徴とする請求項1に記載の半導体測定装置の待ち時間設定方法。

10 【請求項4】 前記出力電流レンジをパラメータとする関数が、

【数1】

【0004】 測定部2は、前記インターフェイス112とオプトアイソレータ3を介して接続されているインターフェイス21と、該インターフェイス21にバスを介して接続された測定部メイン回路22（SMUコントローラ、マイクロプロセッサ、RAM、ROM等から成る）と、該メイン回路22からテスト条件（電圧、電流設定データ）を受け取ると共にテスト結果を該メイン回路に返す複数のSMU群23と、上記メイン回路22、上記SMU群23間に介在するAD/DA変換部24と、電源ユニット25とにより構成されている。ここで、SMU群23はSMU#1～#4から成り、AD/DA変換部24はアナログーデジタル変換器（ADC）とデジタルーアナログ変換器（DAC）とにより、電源ユニット25は電圧源（VS#1, 2）と電圧モニタ（VM#1, 2）とによりそれぞれ構成されている。

30 【0005】 なお、図8において、測定装置は、バスインターフェイス15、GP-IB等のインターフェイスバスを介して他のコンピュータとデータの転送ができるように構成されている。

【0006】 図8の装置において、各SMU#1～#4は同一構成であり、それぞれが電圧設定電流測定、電流設定電圧測定等に使用される。例えば、通常被測定対象（DUT）がFETである場合、図9に示すように、各SMUはDUTの各端子G, S, Dにそれぞれ接続される。図8の測定部メイン回路22は、電圧や電流のセッティング信号をDAC（同図AD/DA変換部24参照）を介してSMUに与える。そして、各SMUは該設定信号に基づきDUTに所定電流、所定電圧を与え、その応答をADC（同図AD/DA変換部24参照）を介して前記測定部メイン回路22に送り返す。図9における試験では、DUT端子に所定電圧、所定電流を印加、供給し、該DUTの応答電流や応答電圧を測定する。

50 【0007】 測定装置によっては（例えば、米国ヒューレット・パッカード社製のHP4145, HP4142）、スイープという機能が用意されており、DUT端子に所定割合で順次変化するステップ状電圧を印加した

り、所定割合で変化するステップ状電流を供給し、該DUTの電流応答や電圧応答を測定することもある。

【0008】ところで、SMUの内部には回路設計上どうしてもキャパシタンスが存在する（以下、このキャパシタンスを「内部キャパシタンス」と言う）。また、DUTとの接続ケーブルにも浮遊容量が存在するし、DUT自体が容量性である場合にはSMU外部にもキャパシタンスが存在する（以下、このキャパシタンスを「外部キャパシタンス」と言う）。したがって、電圧や電流を設定してからSMUの出力が安定する（出力が設定された電流値や電圧値となる）までには、これら内部、外部のキャパシタンスをチャージ、ディスチャージするための時間が必要となる。この時間は、電圧の変動幅（設定後の電圧値と設定前の電圧値との差）、流すことができる電流最大値、内部キャパシタンスと外部キャパシタンスの総合的な大きさ、電流測定用抵抗の大きさ等、種々の条件により決まる。

【0009】適性な測定値を得るためには、少なくとも上記の内部、外部キャパシタンスのチャージ、ディスチャージが終了するまで（すなわち、SMUの出力が安定するまで）測定を待たねばならないが、この待ち時間が大き過ぎると測定に無駄時間が生じ半導体メーカーの生産性を悪化させ、逆に小さ過ぎると正しい測定を行うことができなくなる。

【0010】上記待ち時間は、SMUの出力が安定するまでの時間よりも大きく、しかも該時間にできるだけ近いことが理想である。しかし、半導体測定装置をユーザに納品した段階で内部キャパシタンスの値は知ることはできても、外部キャパシタンスの値は知ることはできない。また、半導体測定装置が稼働状況にある場合には、測定装置側から外部キャパシタンスの大きさを知ることはできないため、画一的に待ち時間を決定することは不可能である。

【0011】このため、従来、(a) 実際のファームウェアでは外部キャパシタンスがある程度存在することを想定して待ち時間を設定したり、(b) 測定装置自体に由来する待ち時間（以下、「内部待ち時間」と言う）に、ユーザが設定する待ち時間（以下、「ユーザ待ち時間」と言う）を付加することができるような機能を装備しておくことも行われている。

【0012】上記(a)方法では、ファームウェアを単純化するさせることができるものの、待ち時間の設定はどうしても冗長になり（すなわち、安全サイドに大きめに取ることになり）、測定時間が長くなることは避けられない。このため、上記(a)、(b)の方法を併用し、測定装置本体内部で自動的に取られる待ち時間の適正化を図ることも従来行われている。

【0013】この方法では、電流設定値（これにより最大出力電流が決まる）、電圧設定値（これにより最大出力電圧が決まる）の変化量、電流レンジ（内部の容量成

分などにより決定される）、DACの出力段についているフィルタでの時定数などにより、①次の設定までの待ち時間と、②次の測定までの待ち時間との2種類を算出し、両者を別々に管理し、次に行う操作に応じて最適な待ち時間を自動的に算出するものである（通常、②の方を①より長くとる必要がある）。また、ユーザ待ち時間が指定されている場合には②にユーザ待ち時間を付加し、これを測定までの待ち時間としている。

【0014】すなわち、ある電圧または電流の設定が行われると、次に別の電圧または電流の設定が行われるまでの待ち時間および次の測定が行われるまでの待ち時間が算出され、この2つの待ち時間が別々のハードウェアタイマに設定される。この後、次の操作が設定であるときには設定用のタイマーを、また次の操作が測定であるときには測定用のタイマーがそれぞれチェックされ、待ち時間が経過しているかどうかチェックされる。待ち時間がまだ経過していない場合は、タイマーをモニタし続け、待ち時間が経過するのを待ってから次の操作が開始される。

【0015】例えば、ユーザが、GP-IB等のインターフェイスバス等を介して、

設定1→設定2→設定3→測定1→測定2

という命令を測定装置に送った場合、設定1がなされてから設定2がなされるまでに待ち時間aが、設定2が行われてから設定3がなされるまでに待ち時間bが、設定3が行われてから測定1がなされるまでに待ち時間cが経過したとする。ここで、タイマーの残り時間が0であるとする、測定1からの待ち時間dを0として測定2が行われる。

【0016】ところで、例えば1nAから100mAまでをスイープする場合を考えると、1nAのときには設定後待ち時間を長く待つ必要があるが、100mAのときは1nAのときと比べてはるかに短い待ち時間でよい。これは、電流値が小さいときには内部、外部キャパシタンスへの電荷の供給量が少ないため、そのチャージ、ディスチャージには長時間を要するが、電流値が大きくなり電荷の供給量が大きくなるとそのチャージ、ディスチャージに要する時間は短くなるからである。しかし、上記した(b)の方法（内部待ち時間にユーザ待ち時間を付加する方法）によると、1nAのときに内部待ち時間が不足したためにユーザが例えば100msecのユーザ待ち時間を指定したとすると、スイープの各ステップすべてに100msecのユーザ待ち時間が挿入され、測定時間が不必要に長くなってしまふといった不都合がある。

【0017】さらに、上記の自動計算はユーザには見えないところで行われており、またユーザ待ち時間は、どんな電流、電圧設定であろうと、常に同じ値が適用されるため、柔軟性に乏しいものであった。

【0018】スイープ測定でない場合、従来の測定装置

では内部待ち時間の設定は自動的に行われるものの、ユーザにより付加できる待ち時間は電流レンジなどの測定条件に関わりなく固定とされる。このため、例えばユーザがインターフェイスを通して、

設定1（電流レンジ大）→測定1→設定2（電流レンジ小）→測定2

といった命令を送ったときに、設定2が行われてから測定2までの待ち時間が不足した場合、内部待ち時間を増やすと、設定1→測定1の間にも増やしたユーザ待ち時間が入ってしまうため測定時間が長くなってしまふ。これを避けるには、設定1、設定2を行う前にそれぞれユーザ待ち時間を設定し直すか、測定2についての命令を送るタイミングを遅らせることで対処するしかなかった。

【0019】さらに、このような手段を講じたとしても、最後の設定がいつ終了したか、また内部で計算された待ち時間の大きさがどれほどであるかなどの情報はユーザからはわからない。加えて、外部からインターフェイスを介してユーザ指定の時間をコントロールしているために、大雑把な時間コントロールしかできず、どうしても大きめ（安全サイド側に余計に）待ち時間をとることになっており、測定時間は長くならざるを得なかった。

【0020】

【発明の目的】本発明は、上記のような問題を解決するために提案されたものであって、電圧または電流の設定から被測定対象の応答の測定に至るまでの時間（待ち時

$$T_w = \{|V_o - V_n| / SR(I_r) + \tau_v\} \times k + T_u(I_r)$$

V_o : 現在出力電圧

I_r : 現在電流レンジ

$SR(I_r)$: I_r に対応するスルーレート

τ_v : 測定装置に固有の付加的待ち時間（所望測定精度、測定速度に応じて省略することができる）

k : ユーザにより特定された係数

$T_u(I_r)$: I_r に応じてユーザにより指定されたユーザ待ち時間（ $T_u(I_r) = 0$ を含む）

【0026】上記したように、本発明では、待ち時間は、測定装置の内部条件に応じて算出された待ち時間（以下、これを「内部待ち時間」と言う）のみの関数であってもよいし、この内部待ち時間と、測定装置の外部条件に応じて算出された待ち時間（以下、これを「ユーザ待ち時間」と言う）との和からなる関数であってもよい。

【0027】この内部待ち時間は、電流レンジをパラメータとする関数である必要がある。内部待ち時間を、電圧スルーレートに反比例する関数とした場合でも電圧スルーレート自体が、出力電流レンジをパラメータとする関数であるため、内部待ち時間は、電流レンジをパラメータとする関数であることには変わりはない。

【0028】ユーザは内部待ち時間に一定の係数を乗ずることができ、内部待ち時間を測定条件等に応じて変更

*間）の設定の最適化を、装置の内部条件や外部条件に応じて行うことができる半導体測定装置の待ち時間設定方法を提供することを目的とする。

【0021】

【発明の概要】本発明の待ち時間設定方法は、被測定対象の応答電流または応答電圧の測定を、電圧出力または電流出力の設定時から所定の待ち時間経過した後に行う、出力電流レンジが可変である半導体測定装置の待ち時間設定方法に係り、前記待ち時間を、前記出力電流レンジをパラメータとする関数により決定することを特徴とする。

【0022】また、前記出力電流レンジをパラメータとする関数が、出力電流レンジに応じて変化する電圧スルーレートに反比例する待ち時間項を含んでなることをも特徴とする。

【0023】さらに、前記出力電流レンジをパラメータとする関数が、出力電流レンジに応じて変化する電圧スルーレートに反比例し、かつユーザにより指定された係数が乗ぜられた待ち時間項と、電流レンジに応じてユーザにより与えられる待ち時間項と、を含んでなることを特徴とする。

【0024】具体的には、前記出力電流レンジをパラメータとする関数（すなわち、待ち時間 T_w ）を次式のようにすることができる。

【0025】

【数2】

することができ、この係数は測定の都度適宜任意の値に定めることもできるし、予め所定の係数（例えば0～10）を用意しておき、ユーザが適宜の値を選択するようにしてもよい。内部待ち時間を、①設定から次の設定までの待ち時間と、②設定から次の測定までの待ち時間の2種類とすることができる。この場合、両者に乗ずる係数を同一としてもよいし、異ならせてもよい。

【0029】さらに、スイープ測定において、ユーザは各ステップで共通の待ち時間を指定できるようにしてもよいし、ステップごとに異なる係数を指定できるようにしてもよい。ステップごとに異なる係数を指定できるようにすれば、ある設定から次の設定までの間の待ち時間、ある設定から測定までの待ち時間を必要としない場合には、上記係数を0とすることにより、内部待ち時間を0とすることで高速化を図ることもできる。

【0030】一方、ユーザ待ち時間は、測定条件に応じて適宜に定められる。たとえば、ユーザ待ち時間を定数とすることもできるし、電流レンジをパラメータとする関数とすることもできる。

【0031】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面により説明する。図1は、図8あるいは図9に示したSMUの1つを取り出したもので、DAC（図8のAD/DA変換回路

24参照)からの電圧信号 V_{in} は電圧誤差補正回路(電圧レンジ抵抗 R_1 および電圧誤差増幅器 A_1 からなる)に入力される。また、電流信号 V_{im} は電流誤差補正回路(入力側に所定値抵抗 R_2 、 R_3 が接続された電流誤差増幅器 A_2 、 A_3 、および R_5 の前段に設けられた利得が1の反転増幅器 A_4 からなる)にそれぞれ入力される。上記各誤差補正回路の出力端は、増幅器 A_5 を介して電流測定用抵抗 R_4 の一方端に接続されている。 R_4 の他方端は電圧フォロワー増幅器 A_6 に接続されている。この増幅器 A_6 の出力端子は、電圧モニタ回路(増幅器 A_7 、入力側抵抗 R_5 および電圧出力 V_m のレンジ変更用の抵抗 R_6 からなる)に接続されると共に、帰還抵抗 R_7 を介して前記電圧誤差増幅器 A_1 の入力端子に接続されている。

【0032】また、前記レンジ抵抗 R_4 の両端は、電流モニタ回路(利得が可変の電流フロート増幅器 A_8 と電流モニタ増幅器 A_9 とからなる)の両入力端子に接続されており、該モニタ回路の出力 V_{im} は、帰還抵抗 R_8 、 R_9 を介して前記誤差増幅器 A_2 、 A_3 の入力端子に接続されている。さらに、電圧フォロワー増幅器 A_6 の出力端はを介してケーブル(CABLE)のガード端子Gに接続されている。なお、ソフトウェアは、電圧レンジ抵抗 R_1 、電流測定用抵抗 R_4 、電圧出力 V_m を決定するDAC、電流出力 V_{im} を決定するDAC等をコントロールしている。本発明を上記構成のSMUを有する測定装置に適用する場合を以下に説明する。

【0033】図2～図5は、電圧設定電流測定において、微小電流から大電流までスweepする場合の電流値の遷移状態を示している。ここで、電流測定は、オートレンジングで行われている。図2は、測定装置により自動計算される内部待ち時間と、電圧設定値をステップ状に変化させた場合の電流値との関係を示している。同図では、時刻 t_0 、 t_1 、 \dots 、 t_4 において電圧を設定した場合に、測定装置の出力電流が定常値 $I(0)$ 、 $I(1)$ 、 \dots 、 $I(4)$ に変化した場合を示しており、内部待ち時間を $T(0)$ 、 $T(1)$ 、 \dots 、 $T(4)$ で表してある。

【0034】実際の測定を行う場合、従来の待ち時間設定方法では、図5に示すようにユーザ待ち時間 T_u が一律に定められ、これが上記の内部待ち時間 $T(0)$ 、 $T(1)$ 、 \dots 、 $T(4)$ に加算され、待ち時間が延長される。なお、各ステップにおける図5では測定時刻を時刻 t'_0 、 t'_1 、 \dots 、 t'_4 で示し、出力が安定した時刻に↑マークを付して示す。

【0035】通常、外部キャパシタンスのチャージに必要とされる時間は、電流レンジが大きければ大きいほど短くて済むため、出力が安定してから測定が行われるまでの無駄時間は、図5に示すように、電流レンジが大きくなればなる程長くなる。これに対して、本発明では、以下のように待ち時間が設定される。図3に示す実施例

では、内部待ち時間 $T(0)$ 、 $T(1)$ 、 \dots 、 $T(4)$ に、ユーザにより特定された係数 $k(0)$ 、 $k(1)$ 、 \dots 、 $k(4)$ がそれぞれ乗算されている。また、ユーザ待ち時間の設定は行われていない。ここでは、係数 k は電流レンジ I_r に応じて、ユーザが適宜設定できる係数である。この係数が内部待ち時間に乗算されることで、出力電流が安定してから測定までの時間は、各ステップで概ね一定となる。なお、図3では各ステップにおける測定時刻を時刻 t'_0 、 t'_1 、 \dots 、 t'_4 で示し、出力が安定した時刻を↑マークで示す。

【0036】図4に示す実施例では、内部待ち時間 $T(0)$ 、 $T(1)$ 、 \dots 、 $T(4)$ にユーザ待ち時間を付加した場合を示している。この場合、ユーザ待ち時間は、各ステップの各電流レンジ I_r に応じて適宜定められる。同図では、この待ち時間を、 $T_u(0)$ 、 $T_u(1)$ 、 \dots 、 $T_u(4)$ で示しておく。なお、図3、図5の場合と同様、各ステップにおける測定時刻を時刻 t'_0 、 t'_1 、 \dots 、 t'_4 で示し、出力が安定した時刻を↑マークで示す。図3および図4から明らかなように、上記各実施例では、図5の従来技術に比べ測定の際に無駄時間が大幅に短縮される。

【0037】図3に示す待ち時間を確保するための具体的な方法を図6を参照して説明する。まず例えば、DUTの特性に適合した所望のユーザ指定係数 k を、装置のキー入力により、あるいはGP-IB等のインターフェイスを介して、RAMに保持しておく。また、設定電圧に応じてSMUがDUTに供給される電流が測定され、これが現在電流レンジ I_r として同じくRAMに保持され、さらにSMUが出力している現在出力電圧 V もRAMに保持される。

【0038】一方、電圧スルーレートのテーブルがファームウェアとして提供される。このスルーレートは、無負荷のときにSMUが単位時間にどれだけ出力電圧を変化させることができるかを表すものであり、SMUの各電流レンジに応じて定まる値である。このテーブルは、測定装置(特にSMU)の設計値で定まるものであるため、RAMにフロッピー等の外部記憶装置からロードしてもよいし、ROMに焼き付けておいてもよい。なお、図6では1nAレンジ～1Aレンジに対応したスルーレートが格納されている様子が示されている。

【0039】例えば、新たな設定電圧 V_n がユーザからキー入力あるいはGP-IB等のインターフェイスバスを介して測定装置に命令された場合、待ち時間 T_w は、次式により与えられる。

【0040】

【数3】

$$T_w = \{ |V_n - V_n| / SR(I_r) + \tau_v \} \times k$$

【0041】ここで、 $\{ \}$ 内は内部待ち時間である。

また、 $SR(I_r)$ は現在電流レンジ I_r に対応するス

ルーレートである。さらに、 τ_v は測定装置に固有の付加的待ち時間であり、一般には $\tau_v(I_r, V_r)$ の形で表すことができる（ただし、 V_r は電圧レンジ）。 τ_v として回路定数に比例する値を用いてもよい。なお、 τ_v は I_r のみの関数になる場合もあるし、所望測定精度、測定速度に応じて0となる場合もある。

【0042】次に図4に示す待ち時間を確保するための具体的な方法を図7を参照して説明する。図4の場合には、ユーザ待ち時間が内部待ち時間に付加されるため、*

$$T_w = \{ |V_o - V_n| / SR(I_r) + \tau_v \} \times k + T_u(I_r)$$

【0044】ここで、 $T_u(I_r)$ は電流レンジに応じてユーザにより与えられる待ち時間である。なお、【数4】式において、 $T_u(I_r) = 0$ としたときには、【数3】式に等しくなる。

【0045】上記実施例では、電圧設定電流測定を例に取り説明したが、本発明は、電流設定電圧測定に適用することもできる。この場合にも、基本的には、上記電流設定電圧測定の場合と同様にして待ち時間が決定される。本実施例において、スルーレートテーブルは、図6と同様のものが使用される。また、図6の現在出力電圧 V_o に代えて、現在電圧レンジ V_r が用いられる。

【0046】

【数5】 $T_w = \langle V \rangle / SR(I_r)$

ただし、 $\langle V \rangle = (|I_o - I_n| / I_r + \tau_i) \times V_r$ である。ここで、 τ_i は前述の τ_v と同様の付加的待ち時間である。

【0047】また、上式にユーザ待ち時間を付加して待ち時間を決定することもできる。この場合には、ユーザ待ち時間テーブルとして図7と同様のテーブルが使用される。さらに、上記実施例では、スイープによる測定を行う場合を説明したが、本発明ではスイープ以外における待ち時間の設定をすることもできる。

【0048】

【発明の効果】本発明の待ち時間設定方法によれば、以下の効果を奏することができる。

- (1) ソフトウェアにより実施できるので、ハードウェアの変更を必要としない。
- (2) 簡単な設定により、最短かつ信頼性の高い待ち時間の設定ができる。
- (3) 内部待ち時間を、測定の種類や条件に応じて変更

* RAM内に電流レンジごとのユーザ待ち時間テーブルが設けられる。このユーザ待ち時間テーブルは電流レンジの関数とされており、電圧スルーレートのテーブルと同様1 nAレンジ～1 Aレンジに対応したユーザ待ち時間テーブルがRAMにロードされている。この場合の待ち時間は、上記【数3】式にユーザ待ち時間が付加された関数で表される。

【0043】

【数4】

できることは勿論、これにユーザにより提供される待ち時間を加えることもできるので、最適の待ち時間を実現することができる。

(4) 容量性のDUTについても、最短の待ち時間による測定が可能となり、柔軟性の高い測定が可能となる。

(5) 過去の測定に用いたデータ（内部待ち時間に乗ずる係数、DUT種類等の測定条件）をフレキシブルディスク等に記憶しておくことで、再現性のある待ち時間の設定が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の待ち時間設定方法が適用される半導体測定装置の電圧電流測定ユニットの一例を示す図である。

【図2】本発明の待ち時間設定方法の一実施例を説明するための、スイープ測定の際における内部待ち時間を示す図である。

【図3】ユーザ待ち時間を設定することなく本発明の設定方法を適用した場合の待ち時間を示す図である。

【図4】ユーザ待ち時間を設定した本発明の設定方法を適用した場合の待ち時間を示す図である。

【図5】従来の待ち時間設定方法を適用した場合の待ち時間を示す図である。

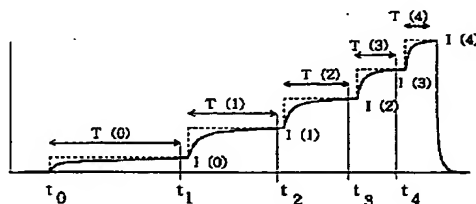
【図6】本発明の待ち時間設定方法の一実施例をより具体的に説明するための図である。

【図7】本発明の待ち時間設定方法の他の実施例を説明するための図である。

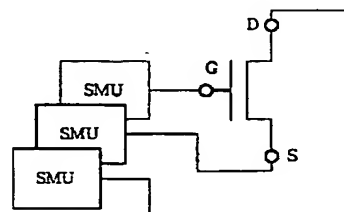
【図8】半導体測定装置の概略を示す図である。

【図9】半導体測定装置の電圧電流測定ユニットとDUTとの接続状態を示す図である。

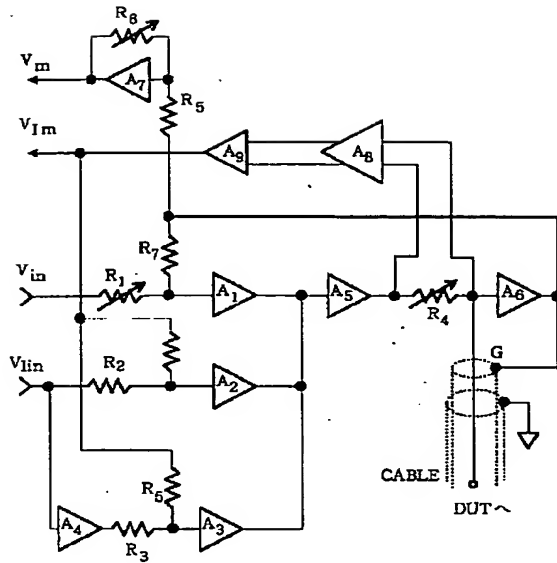
【図2】



【図9】



【図1】



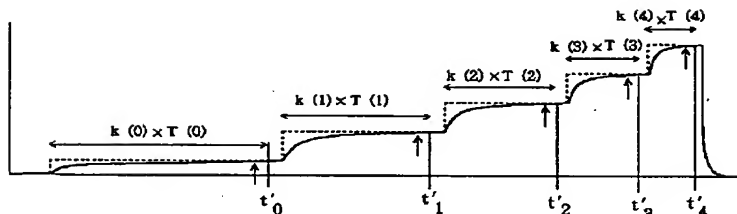
【図6】

RAM	RAM または ROM
ユーザ指定係数: k	1A レンジのスルーレート
現在電流レンジ: I_r	100mA レンジのスルーレート
現在出力電圧: V_o	10mA レンジのスルーレート
	1mA レンジのスルーレート
	100 μ A レンジのスルーレート
	10 μ A レンジのスルーレート
	1 μ A レンジのスルーレート
	100nA レンジのスルーレート
	10nA レンジのスルーレート
	1nA レンジのスルーレート

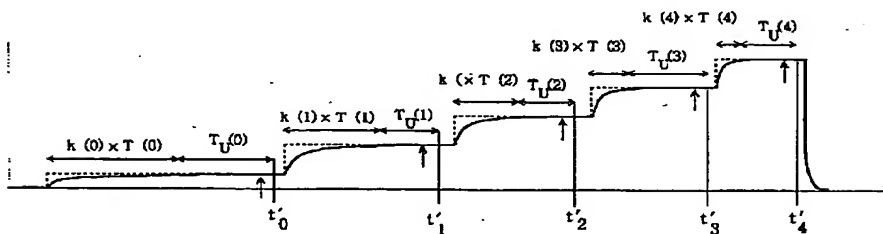
電圧スルーレートテーブル

【図7】

【図3】



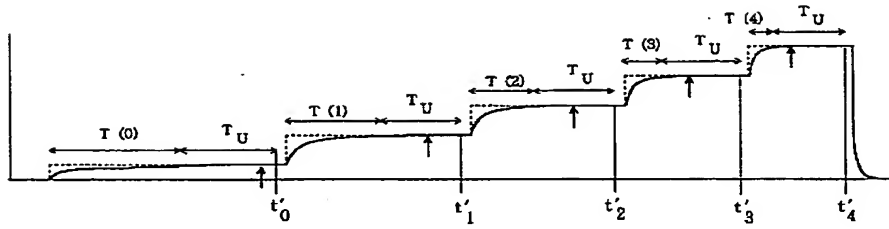
【図4】



RAM
1A レンジの待ち時間
100mA レンジの待ち時間
10mA レンジの待ち時間
1mA レンジの待ち時間
100 μ A レンジの待ち時間
10 μ A レンジの待ち時間
1 μ A レンジの待ち時間
100nA レンジの待ち時間
10nA レンジの待ち時間
1nA レンジの待ち時間

ユーザ待ち時間テーブル

【図5】



【図8】

